



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO AMBIENTAL

**DESAFIOS E ESTRATÉGIAS NA IMPLEMENTAÇÃO DE
CORREDORES ECOLÓGICOS ENTRE ÁREAS PROTEGIDAS NO
BIOMA CERRADO**

Samuel Fernando Schwaida

MONOGRAFIA

BRASÍLIA
2016



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO AMBIENTAL

Samuel Fernando Schwaida

**DESAFIOS E ESTRATÉGIAS NA IMPLEMENTAÇÃO DE
CORREDORES ECOLÓGICOS ENTRE ÁREAS PROTEGIDAS NO
BIOMA CERRADO**

**Monografia de especialização em
Geoprocessamento Ambiental
apresentada à banca examinadora do
Instituto de Geociências como
exigência para a obtenção do título de
especialista em Geoprocessamento.**

Aprovado em 09/12/2016

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Rejane Ennes Cicerelli (orientadora) _____

Prof. Dr. Carlos Henke de Oliveira _____

Ms. Leonardo Zandonadi Moura _____

Desafios e estratégias na implementação de Corredores Ecológicos entre áreas protegidas no Bioma Cerrado

RESUMO - Medidas que visem a reconectar a paisagem, como corredores ecológicos, são de suma importância para reverter os impactos da degradação e fragmentação de habitats sobre a biodiversidade. Este trabalho propõe uma metodologia que utiliza ferramentas de geoprocessamento para definição de corredores ecológicos. O estudo de caso foi realizado no limite estadual do Distrito Federal e Goiás com intuito de propor um corredor ecológico para mamíferos de médio e grande entre a Estação Ecológica de Águas Emendadas e o Campo de Instrução de Formosa. As análises de custo realizadas utilizando dados oficiais gratuitos resultaram em três trajetos (A, B, C), com extensões variando de 28,88 (A) a 47,34 km (C). A sobreposição dos trajetos com remanescentes de vegetação natural variou de 74,43% (A) a 90,35% (B) e a intersecção com APP potenciais de 66,32% (A) a 86,26% (C). A sobreposição com propriedades rurais cadastradas no CAR (Cadastro Ambiental Rural) foi analisada para os melhores caminhos A e B, revelando 51,60% e 50,97% de sobreposição, respectivamente, indicando áreas predispostas para o processo de regularização ambiental. O uso das ferramentas de análise de custo aliado ao método AHP mostrou-se eficiente para delimitação de corredores ecológicos.

Palavras-chave: ecologia da paisagem, análise multicritério, geotecnologias

Challenges and strategies on implementing an Ecological Corridor between protected areas in Cerrado Biome

ABSTRACT - Landscape management aiming to reconnect isolated vegetation patches through corridors is important to mitigate impacts on fauna and flora species due to habitat degradation and fragmentation. This work presents a methodology based on geoprocessing tools to define ecological corridors. This case study was conducted on Distrito Federal, central Brazil, aiming to propose a corridor for large and medium-sized mammals reconnecting Águas Emendadas Ecological Station and Formosa Training Camp. Cost analysis using geoprocessing tools and available official database generated three paths (A, B, C) Extension varied from 28.88 (A) to 47.34 km (C) and paths intersection with natural vegetation patches varied from 74.43 (A) to 90.35% (B). Intersection with potential Permanent Preservation Areas (APPs) varied from 66.32 (A) to 86.26% (C). Overlap with private properties registered on Rural Environmental Registry (CAR) was verified for best

paths A and B and revealed 51.60% and 50.97% of overlap. Cost analysis tools and AHP were considered efficient for generating ecological corridors.

Keywords: *landscape ecology, multicriteria analysis, geo-technologies*

1. INTRODUÇÃO

A modificação, degradação e fragmentação de habitats originais figuram como as principais ameaças para a biodiversidade. A divisão de áreas contínuas de cobertura vegetal original em fragmentos isolados resulta na separação de populações e na redução da qualidade de habitats, comprometendo a manutenção de populações viáveis de algumas espécies (VITOUSEK et al., 1997; LANG; BLASCHKE, 2007). Estes efeitos são sentidos em especial por espécies com altos requerimentos energéticos e de área de vida, como mamíferos de médio e grande porte predadores de topo da cadeia (FAHRIG, 2003; TABARELLI; GASCON, 2005; FORERO-MEDINA; VIEIRA, 2009).

Diante das implicações da fragmentação sobre a biodiversidade, introduziu-se o conceito de “desfragmentação”, entendido como a redução ou eliminação da fragmentação das paisagens, tornando-as mais permeáveis para a fauna (LANG; BLASCHKE, 2007; SEOANE et al., 2016). A desfragmentação pode ser atingida, por exemplo, através da colocação de habitats em rede (junção) por meio de corredores ecológicos (CE), termo que geralmente se refere a um estreito elemento de conectividade linear entre dois habitats separados que satisfaz às exigências de determinadas espécies (CHETKIEWICZ et al., 2006; LANG; BLASCHKE, 2007, SEOANE et al., 2016).

No Brasil, os CE integram as políticas públicas desde a década de 1990, a exemplo da Resolução CONAMA 9/1996, do Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil (PPG-7) e do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) (MITTERMEIR, 2005; AKASHI; CASTRO, 2010). Apesar dessa estrutura legal, práticas de implementação e implantação ainda são incipientes, em virtude da criação dos CE ser complexa e envolver a integração de vários fatores bióticos e abióticos, para garantir à conectividade estrutural e funcional visando a manutenção de áreas de vida, recursos e processos reprodutivos (LANG; BLASCHKE; FORERO-MEDINA; VIEIRA, 2009; SEOANE et al., 2016).

No Brasil, alguns trabalhos publicados no tema fizeram uso ferramentas de geoprocessamento em ambientes de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) com o intuito de identificar o melhor traçado ou melhores áreas para implementação de Corredores Ecológicos, com metodologias distintas e com foco no bioma Mata Atlântica (MUCHAILH et al., 2010; LOUZADA et al., 2012; FERRARI et al., 2012, OLIVEIRA et al., 2015, SAITO et

al., 2016). Para o bioma Cerrado pouco foi explorado neste tema, apesar de ser uma das savanas mais ricas do mundo e de quase metade da área original do bioma ter sido rápida e sistematicamente convertida para atividades produtivas nos últimos 45 anos (KLINK; MACHADO, 2005; BRASIL, 2015). Além disso, o Cerrado é o que possui a menor porcentagem de áreas sobre proteção integral, com apenas 8,6%, constituindo, em sua maioria, fragmentos isolados de difícil conectividade (BRASIL, 2015).

Assim, o presente trabalho tem por objetivo propor uma metodologia para definição de traçado para Corredores Ecológicos para mamíferos de médio e grande porte numa área do Bioma Cerrado na região central do Brasil, conectando dois fragmentos de alta importância para a conservação da biodiversidade na região do Distrito Federal e entorno: a Estação Ecológica de Águas Emendadas, Unidade de Conservação Distrital, e o Campo de Instrução de Formosa. Ainda, imóveis rurais cadastrados no Cadastro Ambiental Rural (CAR) foram analisados, observando a viabilidade na instalação dos corredores ecológicos com base na previsão legal de manutenção de APP e Reserva Legal.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo possui 4.468 km² e localiza-se na porção leste do Distrito Federal e a porção sul do município de Formosa (GO), contemplando a Estação Ecológica de Águas Emendadas (ESECAE), o Campo de Instrução de Formosa (CIF) e uma pequena faixa de municípios próximos (Figura 1). Há forte presença de rodovias e, com base em cálculos realizados a partir do mapeamento do Projeto TerraClass 2013 (BRASIL, 2015), 47,52% da área corresponde à vegetação remanescente, 28,25 % à agricultura anual e 20,59 % à pastagem. Embora parte da área esteja protegida nas Áreas de Proteção Ambiental (APA) da Bacia do Rio São Bartolomeu e do Planalto Central, UC federais, além de parte da Reserva da Biosfera do Cerrado, a proteção legal não foi suficiente para evitar a conversão da paisagem, facilitada pela falta de ordenamento, proximidade dos centros urbanos e relevo propício para produção agropecuária (SEDUMA, 2008). A ESECAE é uma Unidade de Conservação Distrital na categoria de Proteção Integral administrada pelo Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal – Brasília Ambiental (IBRAM), situada na região administrativa de Planaltina, DF. Com área total de 10.547,2 ha, apresenta cobertura de cerrado *sensu stricto* com manchas de campo cerrado, matas de galeria ao longo dos cursos d'água e veredas. A ESECAE é composta por um polígono principal totalmente cercado por quatro rodovias (BR-030 a sul, DF-128 a oeste, DF-205 a norte, BR-010 a leste), situação que dificulta a movimentação da fauna e colabora para os casos de atropelamento no entorno da ESECAE,

estimados em cerca de 2.464 mortes de vertebrados de pelo menos 100 espécies por atropelamento no ano, incluindo espécies ameaçadas de extinção (SEDUMA, 2008; BRASIL, 2014).

Além da importância para a preservação de mananciais da região, a ESECAE abriga 67 espécies de mamíferos, como o lobo-guará (*Chrysocyon brachiurus*), onça-parda (*Puma concolor*) e tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*), classificadas como ameaçadas de extinção pelo Ministério do Meio Ambiente (SEDUMA, 2008; BRASIL, 2014). Em 2014, pesquisadores registraram a ocorrência de um indivíduo de onça-pintada (*Panthera onca*), espécie que há muito tempo não era vista na área (ICMBIO, 2015)

Conforme Arimoro (2015), o Campo de Instrução do 6º Grupo de Lançadores Múltiplos de Foguetes - Astro II (CIF) é uma área militar pertencente ao Exército Brasileiro utilizada para realização de exercícios de treinamento. Situado no município de Formosa, GO (Figura 1), sua área aproximada é de 117.000 ha com cobertura vegetal, formada por Cerrado *sensu stricto*, Parque de Cerrado, Campo Sujo, Campo Limpo, Vereda e Mata de Galeria. Levantamento de mamíferos de médio e grande porte realizado por Arimoro (2015) registrou 26 espécies, sendo oito espécies ameaçadas de extinção, incluindo espécies topo de cadeia com alta exigência ecológica como onça-pintada (*Panthera onca*) e onça-parda (*Puma concolor*).

O método utilizado para a geração de Corredores Ecológicos entre as duas áreas protegidas supracitadas baseou-se em ferramentas de geoprocessamento de Caminho de Menor Custo (*Least cost path*), que permitem identificar os percursos mais eficientes entre dois pontos sobre uma superfície de custo. A superfície de custo é um *raster* em que cada célula recebe um valor do custo do seu atravessamento em relação aos critérios considerados (MESQUITA, 2013). A imagem de superfície de custo foi gerada a partir de quatro camadas de entrada, correspondentes a variáveis de influência na locomoção de mamíferos de médio e grande porte e na implementação de CE: (1) Uso e cobertura do solo, (2) Estradas, (3) Áreas de Preservação Permanente - APP e (4) Declividade (Tabela 1). O tamanho de célula padrão foi de 30m, mesma resolução espacial dos dados de Uso e cobertura do solo e Modelo Digital de Elevação utilizados. Todo o processo foi realizado no *software* ArcGIS 10.3 (ESRI, 2014).

As informações de declividade foram geradas a partir de imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), obtidas no sítio do *U.S. Geological Survey* (resolução espacial de 30m). Após a geração de imagem com informações de declividade em graus, esta foi reclassificada com três valores de quebra: <20° (agricultável mecanicamente), 45° (uso restrito) e >45° (Área de Preservação Permanente), conforme Louzada et al. (2012).

A imagem matricial da camada Área de Preservação Permanente (APP), correspondente apenas às faixas marginais de cursos d'água, foi gerada a partir dos dados vetoriais de drenagem fornecidos pelo IBRAM. Foram selecionadas as feições caracterizadas como *Perenes* e gerado *buffer* com raio 30 m, largura mínima exigida na Lei nº 12.651/2012 (Novo Código Florestal) para rios com menos de 10 m de largura, representando as APP potenciais.

A imagem matricial da camada Estradas foi gerada a partir do arquivo vetorial de Limites de Faixa de Domínio do DER/DF (ano 2012, escala 1:10.000), disponibilizado no portal de metadados da Secretaria de Estado de Gestão do Território e Habitação (SEGETH), do Distrito Federal. Os trechos viários foram estendidos até o limite da área de estudo e atualizados quanto às informações sobre pavimentação com base na Ortofoto de 2015 da Companhia de Planejamento do Distrito Federal (CODEPLAN). Foi feita identificação de pontes e a retirada dos segmentos correspondentes considerando que passagens inferiores facilitam a travessia da fauna e impedem atropelamentos (VAN DER GRAFT, 2013).

Os dados de uso e cobertura do solo utilizados foram obtidos no projeto TerraClass Cerrado 2013 (BRASIL, 2015), na escala 1:250.000. As classes de uso e cobertura do solo existentes na área de estudo são: Agricultura anual, Agricultura perene, Pastagem, Água, Silvicultura, Área Urbana, Mosaico de ocupações, Solo exposto, Vegetação natural e Não observado. As classes Área urbana e Mosaico de ocupações, foram consideradas como uma única classe nas análises. A classe “Não observado” (0,1% da área total), foi novamente interpretada por meio de imagens RapidEye do ano de 2013 com resolução 5m. A definição do grau de importância dos custos e do grau de importância de cada camada para a delimitação do CE foi feita por meio do Processo de Análise Hierárquica (AHP) proposto por Saaty (1977) (Saaty, 2008).

A avaliação relacionada aos custos entre cada classe em cada camada, bem como do grau de importância de cada camada para a definição do trajeto do CE foi feito por intermédio de matrizes de comparação preenchidas com valores definidos a partir de informações disponíveis na literatura e de consulta, por meio de questionário, a especialistas da área de biologia e conservação, buscando-se uma Razão de Consistência (RC) menor que 0,10, conforme descrito por Saaty (2008). A partir das matrizes de comparação normalizadas foram calculados os pesos finais para a imagem matricial de custo total, gerada por meio da ferramenta *Weighted overlay*, adicionando-se os pesos de cada camada - em porcentagem com soma total igual a 100 % - bem como os pesos das classes de cada camada – na escala de 1 a 9, conforme os valores apresentados na Tabela 1.

A partir da imagem matricial de custo total gerou-se as imagens de Distância de Custo e Direção de Custo (*Backlink*), que foram base para a construção dos caminhos de menor custo (*Each Cell*) e o melhor caminho único (*Best single*). O resultado foi vetorizado e cada caminho analisado individualmente quanto ao seu comprimento e intersecção de traçado com as classes de informação, APP e Pontes. Também foi gerado, para cada corredor, um buffer com raio de 5% da extensão total do trajeto, seguindo a Resolução CONAMA nº 9, de 24 de outubro de 1996, que fixa a largura dos corredores previamente em 10% do comprimento total. Foi calculada a área total de cada corredor bem como sua sobreposição com as classes de uso do solo e limites de propriedades rurais fornecidos pelo IBRAM - dados recebidos pelo órgão até maio de 2016, no âmbito do Cadastro Ambiental Rural (CAR). Por se tratar de dados não validados, para os fins deste trabalho foi feita verificação e correção quanto à sobreposição de feições e lacunas entre limites de propriedades, com auxílio de imagens RapidEye, resolução 5m, ano 2013.

3. RESULTADOS

A normalização das matrizes de comparação indicou o uso e cobertura do solo como fator de maior importância (55%) para geração dos corredores ecológicos e a declividade como o de menor importância (5%). Quanto às classes de uso e cobertura do solo, vegetação natural foi considerada a de menor impedância para o deslocamento da fauna (1), e área urbana a de maior impedância (9). Áreas de pastagem e agricultura receberam valores intermediários (3 a 4). Áreas de agricultura perene foram consideradas de menor impedância (3) que áreas de agricultura anual (4). Os pesos atribuídos a cada camada e cada classe de uso e cobertura do solo são apresentados na Tabela 1. (Entra Tabela 1)

As análises de custo geraram quatro traçados a partir da opção *Each Cell* e um melhor caminho único a partir da opção *Best Single* (Figura 1). Dois corredores apresentaram sobreposição de 89% e 98% com o *best single path* e foram desconsiderados. As análises subsequentes limitaram-se a três traçados denominados A, B (*best single path*) e C. A extensão destes trajetos variou de 28,88 km (A) a 47,34 km (C), havendo um trecho de 10 km comum aos corredores B e C. A intersecção dos traçados com áreas de vegetação natural, variou de 74,43% (A) a 90,35% (B). Todos os caminhos apresentaram mais de 60% do trajeto em APP potenciais: 66,32% (A), 84,13% (B) e 86,26 % (C). Em todos os corredores, mais de 94% dos trechos em APP potenciais correspondiam a vegetação natural. Todos os traçados utilizaram pelo menos uma ponte, sendo que o corredor B utilizou duas (Tabela 2).

(Entra Figura 1)

O *buffer* gerado para representar os CEs em total cumprimento da Resolução CONAMA nº 9/1996 resultou em áreas de 8.368,46 ha (A, menor área), 12.294,24 ha (B) e 22.140,27 ha (C, maior área). A sobreposição da área máxima dos corredores com as classes de uso e cobertura demonstrou a predominância de três classes: Vegetação natural, com valores variando de 24,35% (C) a 35,64% (A); Agricultura anual, com valores variando de 19,58% (A) a 48,84% (C); e Pastagem, com valores variando de 23,90% (B) a 36,43% (A) (Tabela 2). Com relação às propriedades rurais, optou-se por analisar apenas o trajeto de menor extensão (A) e o trajeto de menor custo (B), entendendo que apresentariam menor custo de implementação se comparados ao corredor C, de maior extensão. O corredor A intersecta 16 propriedades e sua área abrange total ou parcialmente 51 propriedades, totalizando 4318,25 ha (51,60%) de sobreposição. Já o corredor B intersecta 38 propriedades e abrange total ou parcialmente 79 propriedades, totalizando 6228,95 ha (50,97%) de sobreposição (Figura 2; Tabela 2).

(Entra Figura 2)

(Entra Tabela 2)

4. DISCUSSÃO

Os resultados gerados no presente trabalho devem ser considerados como análises prévias de viabilidade de Corredores Ecológicos. Embora os critérios e processos utilizados estejam embasados na opinião de especialistas e na literatura, é importante a validação desta proposta com dados de ocorrência e padrões de deslocamento das espécies alvo nas áreas indicadas (CHETKIEWICZ et al, 2006; ROY et al, 2010). Considerando a carência, no Distrito Federal, de registros de mamíferos de médio e grande porte fora de UC e entorno imediato, esforços de campo e entrevistas com moradores das áreas indicadas forneceriam importante informação.

As ferramentas e processos utilizados no presente trabalho tomaram por base os trabalhos de Osborn e Parker (2003) Roy et al. (2010) Louzada et al. (2012), Ferrari et al (2012) e Saito et al. (2016), priorizando a seleção de fragmentos de vegetação natural para o traçado do Corredor Ecológico. Enquanto Saito et al. (2016) propôs um corredor com base na identificação das manchas mais apropriadas através SIG e método AHP, os demais autores geraram traçados através de análise de custo, atribuindo pesos em uma escala de 1 a 255 (ROY et al., 2010) e 1 a 100 (LOUZADA et al., 2012; FERRARI et al., 2012). A presente análise se diferencia por utilizar o método AHP para ponderação dos pesos de custo das classes e da importância das camadas e, ao contrário de Louzada et al. (2012) e Ferrari et al.

(2012), considerar áreas agrícolas como passíveis de utilização para o deslocamento de algumas espécies (CALAÇA et al., 2010; VYNNE et al., 2011, ARIMORO, 2015), com base no conceito de conectividade funcional (FORERO-MEDINA; VIEIRA, 2009; SEOANE et al., 2016).

A intersecção com áreas de vegetação natural em sua maior parte em APP, certamente resultou da adição da camada APP com peso diferenciado. Isso se mostra adequado considerando o uso já consolidado na maior parte da paisagem e a obrigação legal da manutenção destas áreas (TABARELLI et al., 2005). Além disso a APP constitui ambiente bastante utilizado pela maioria das espécies de mamíferos do Cerrado, à exceção de espécies que utilizam preferencialmente ambientes abertos, incluindo áreas de cultivo e pastagens, como veado-campeiro (*Ozotocerus bezoarticus*) e lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*) (VYNNE et al., 2011; ARIMORO, 2015).

Todos os corredores intersectaram ao menos um trecho sob ponte e ao menos um trecho pavimentado, resultado importante considerando a forte presença de estradas e rodovias na área de estudo e o grande impacto das rodovias sobre a fauna silvestre, como a perda e subdivisão de hábitat, efeito de separação e barreira, alterações comportamentais e atropelamentos (LANG; BLASCHKE, 2007; ROSA; BAGER, 2013). Os pontos de intersecção dos traçados com estradas devem ser comparados com os pontos conhecidos de travessia ou com registros de atropelamentos, a fim de validar ou ajustar o traçado ou implementar medidas que garantam a travessia segura para os animais, como a instalação de placas informativas, passagens subterrâneas e principalmente redutores de velocidade (CLEVENGER et al., 2002; OSBORN; PARKER, 2003; SEDUMA, 2008; ROY et al., 2010).

Em virtude da maior extensão do corredor C e de sua sobreposição parcial com o corredor B (*best single path*), a análise de sobreposição com propriedades rurais concentrou-se nas opções de menor custo total (B) e de menor extensão (A). O caminho B, apesar de intersectar três estradas pavimentadas e 38 propriedades, apresentou o maior valor de intersecção com vegetação natural (90,35%). O corredor A, apesar de intersectar menos estradas pavimentadas (1) e propriedades (16), apresentou menor intersecção com vegetação natural (62,59%), o que representaria maior esforço para sua implementação em termos de conectividade estrutural. Ainda que o corredor B apresente menor custo acumulado, os dois traçados poderiam ser tratados como duas alternativas complementares para a conectividade da área de estudo, principalmente através da manutenção e recuperação das APP (TABARELLI; GASCON, 2005).

Os corredores A e E intersectam a área na qual foi proposta pelo IBRAM uma Unidade de Conservação (UC), o Refúgio da Vida Silvestre Visconde de Porto Seguro, reforçando o potencial da área para a conservação (SEDUMA, 2008). A proposta, no entanto, está parada desde 2008 devido à dificuldade de implementação e por determinações do Tribunal de Contas do Distrito Federal (IBRAM, comunicação pessoal). A implementação de Corredores Ecológicos depende de decisões políticas e envolve questões fundiárias. A situação de uso consolidado da maior parte da paisagem estudada requer soluções que evitem a desapropriação, como UCs de uso sustentável, ou ações no âmbito do Cadastro Ambiental Rural (CAR) ou de Programas de Regularização Ambiental, evitando ao máximo conflitos (IWAMA, 2014).

O fato de mais da metade das áreas dos corredores gerados se sobrepor a áreas produtivas revela a dificuldade de implementação de Corredores com largura preferencial de 10% do comprimento total. As ações de implementação poderiam buscar, minimamente, manter os atuais remanescentes de vegetação nas áreas dos Corredores e garantir a largura mínima de 100m exigida na Resolução CONAMA nº 9/1996, embora uma largura mínima de 300m seja recomendada por alguns autores para aumentar a qualidade dos corredores (TABARELLI; GASCON, 2005).

A utilização das informações do CAR, embora incompletas, mostra seu potencial para o planejamento ambiental e conservação da biodiversidade e leva a análise ao nível das propriedades rurais. Com o CAR, o órgão ambiental identificará as propriedades em desacordo com a legislação, podendo sugerir a adesão aos Programas de Regularização Ambiental (PRA). Os excedentes de vegetação poderão ser reconhecidos como Cotas de Reserva Ambiental (CRA), títulos nominativos compreendendo um hectare de vegetação nativa que podem ser adquiridos para compensação por proprietários em situação irregular (BRASIL, 2012; SAMBUICHI et al., 2014). A orientação dos PRAs e o mercado de CRA na área de estudo poderia considerar o componente biodiversidade quanto ao posicionamento das Reservas Legais, incluindo análises de custo de oportunidade, buscando manter e recuperar áreas para a implementação dos corredores A e B.

Os dados oficiais utilizados neste trabalho - mapeamento do Projeto TerraClass, shapes de estradas e rodovias e hidrografia e dados do CAR - atenderam às necessidades das análises, demonstrando seu potencial de uso para o planejamento de ações de conservação da biodiversidade. A geração, organização e disponibilização de dados espaciais devem ser incentivadas, assim como a capacitação dos gestores públicos para utilização de dados e ferramentas de SIG disponíveis (LANG; BLASCHKE, 2007).

5. CONCLUSÃO

A metodologia desenvolvida e empregada neste trabalho, com uso das ferramentas de análise de custo aliado ao processo de análise multicritério AHP com os pesos aplicados, mostrou-se eficiente para determinar trajetos para implementação de Corredores Ecológicos. O uso de camada referente à APP possibilitou identificar traçados de menor custo de implementação, intersectando áreas vegetadas com proteção legal.

Para a implementação do corredor ESEC Águas Emendadas- Campo de Instrução de Formosa, deve-se analisar preferencialmente o traçado B, e como alternativa ou complementar, o traçado A, considerando-se os aspectos fundiário e político envolvidos. Os resultados gerados em ambiente SIG devem ser comparados com dados de ocorrência e deslocamento das espécies alvo na área dos corredores, incluindo registros de atropelamento, visando à validação e ajustes, se necessário. Os dados oficiais utilizados para a análise atenderam às necessidades e apresentam grande potencial de utilização para análises mais amplas na área da conservação da biodiversidade.

6. AGRADECIMENTOS

Ao Ministério do Meio Ambiente pelo incentivo à capacitação, ao IBRAM pela cessão de dados. À ESRI pela disponibilização do Pacote de ferramentas que compõem a Família ArcGis 10.x por intermédio do contrato N° 2011 MLK 8733 e a IMAGEM pelo apoio e viabilidade da concretização do termo de uso entre o Instituto de Geociências e a ESRI e pelo suporte aos softwares.

7. REFERÊNCIAS

- AKASHI, J.J.; CASTRO, S.S. Corredores de biodiversidade como meios de conservação ecossistêmica em larga escala no Brasil: uma discussão introdutória ao tema. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v.15, p.20-28, 2010.
- ARIMORO, O.A.S. **Uso de geotecnologias aplicadas em estudos de modelos de ocupação e conectividade para mamíferos de médio e maior porte no Cerrado**. Dissertação (Mestrado em Geociências Aplicadas) - Universidade de Brasília, Brasília, 2015.
- BRASIL. Leis, Decretos etc. Presidência da República Casa Civil Subchefia para Assuntos Jurídicos. Poder Legislativo. Lei n° 12.651 de 15 de maio de 2012. **Diário Oficial da União**, Poder Legislativo, Brasília, DF, 15 mai. 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção. Portaria n. 444, de 17 de dezembro de 2014. **Diário Oficial da União**. 18 dez. 2014.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Mapeamento do uso e cobertura do Cerrado:** Projeto TerraClass Cerrado 2013 / MMA/SBF. Brasília: MMA, 2015.

CALAÇA, A.M.; MELO, F.R.; MARCO-JÚNIOR, P.; JÁCOMO, A.T.A.; SILVEIRA, L. A influência da fragmentação sobre a distribuição de carnívoros em uma paisagem de cerrado. **Neotropical Biology and Conservation**, v.1, n.5, p.31-38, 2010.

CHETKIEWICZ, C-L.B.; ST-CLAIR, C.C.; BOYCE, M.S. Corridors for Conservation: Integrating Pattern and Process. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, n. 37, p.317-342, 2006.

CLEVENGER, A.P.; WIERZCHOWSKI, J.; CHRUSZCZ, B.; GUNSON, K. GIS-generated, expert-based models for identifying wildlife habitat linkages and planning mitigation passages. **Conservation Biology**, v.16, n. 2, p. 503-514, 2002.

CONAMA. Resolução nº 9, de 24 de outubro de 1996. Define “corredor de vegetação entre remanescentes” como área de trânsito para a fauna. **Diário Oficial da União** nº 217, de 7 de novembro de 1996, Seção 1, p.23069-23070, 1996.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE (ESRI). **ArcGIS Desktop 10.3**. New York: 2014. CD ROM.

FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, n. 34, p.487-515, 2003.

FERRARI, J.L.; SILVA, S.F.; DOS SANTOS, A.R.; GARCIA, R.F. Corredores ecológicos potenciais na subbacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES, indicados por meio de SIG. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. Recife, v.7, n.1, p.133-141, 2012.

FORERO-MEDINA, G.; VIEIRA, M.V. Conectividade funcional e a importância da interação organismo-paisagem. **Oecologia Australis**, v.11, n. 4, p 493-502, 2009.

SAMBUICHI, R. H. R.; SILVA, A. P. M. D.; OLIVEIRA, M. A. C. D.; SAVIAN, M. **Políticas agroambientais e sustentabilidade: desafios, oportunidades e lições aprendidas**. Brasília: IPEA, p.104-124, 2014.

IWAMA, A.Y.; LIMA, F.B.; PELLIN, A. Questão fundiária em áreas protegidas: uma experiência no Parque Estadual da Pedra Branca (PEPB), Rio de Janeiro, Brasil. **Sociedade&Natureza**, v.23, n. 1, p.77-93, 2014.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental do Planalto Central** - Brasília: MMA, ICMBIO,

366 APA do Planalto Central, 2015.

367 KLINK, C.; MARCHADO, R. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**,
368 v. 19, n.3, p.707-713, 2005.

369 LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da paisagem com SIG**. São Paulo: Oficina de Textos,
370 2009.

371 LOUZADA, F.L.R.O.; SANTOS, A.R.; SILVA, A.G., OLIVEIRA, O.M.; OLIVEIRA, G.G.;
372 MESQUITA, P.AG. **Análise Multicritério e Análise de Percursos de Menor Custo**
373 **Aplicadas ao Transporte de CO2 no Mediterrâneo Ocidental**. (Dissertação em Estatística
374 e Gestão de Informação) - Universidade Nova Lisboa. Lisboa, 2013.

375 SOARES, V.P.; PELUZIO, J.B.E. Proposta de corredores ecológicos para interligação de
376 parques estaduais utilizando geotecnologia, Espírito Santo (ES) - Brasil. **Revista Geográfica**
377 **Venezuelana**, v. 53, n.2, p. 239-254, 2012.

378 MITTERMEIR, R.A.; DA FONSECA, G.A.B.; RYLANDS, A.B.; BRANDON, K. Uma
379 breve história da conservação da biodiversidade no Brasil. **Megadiversidade**, v.1, n.1, p.14-
380 21, 2005.

381 MUCHAILH, M.C.; RODERJAN, C.V.; CAMPOS, J.B.; MACHADO, A.L.T.; CURCIO,
382 G.R. Metodologias de planejamento de paisagens fragmentadas visando a formação de
383 corredores ecológicos. **Floresta**, v.40, n.1, p.147-162, 2010.

384 OLIVEIRA, A.P.G.; MIOTO, C.L.; PARANHOS FILHO, A.C.; GAMARRA, R.M.G.;
385 RIBEIRO, A.A.; MELOTTO, A.M. Uso de geotecnologias para o estabelecimento de áreas
386 para corredores de biodiversidade. **Revista Árvore**, v.39, n.4, p.595-602, 2015.

387 OSBORN, F.V.; PARKER, G.E. Linking two elephant refuges with a corridor in the
388 communal lands of Zimbabwe. **African Journal of Ecology**, v. 41, p. 68-74, 2003.

389 ROY, A.; DEVI, B.S.S.; DEBNATH, B.; MURTHY, M.S.R. Geospatial Modelling for
390 Identification of Potential Ecological Corridors in Orissa. **J. Indian Soc. Remote Sens.**, v.38,
391 p.387-399, 2010.

392 ROSA, C.A.; BAGER, A. Review of the factors underlying the mechanisms and effects of
393 roads on vertebrates. **Oecologia Australis**, v. 17, n.1, p.6-19, 2013.

394 SAATY, T.L. Decision making with the analytic hierarchy process. **International Journal os**
395 **Services Sciences**, v.1, n.1, p.83-98, 2008.

396 SAITO, N.S.; MOREIRA, M.A.; SANTOS, A.R.; EUGENIO, F.C.; FIGUEIREDO, A.C.
397 Geotecnologia e Ecologia da Paisagem no Monitoramento da Fragmentação Florestal.
398 **Floresta e Ambiente**, v.23, n.2, p.201-210, 2016.

399

SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE – SEDUMA.
Águas Emendadas / Fernando Oliveira Fonseca. Brasília: SEDUMA, 2008.

SEOANE, C.E.S.; DIAS, V.S.; SANTOS, T.L.; FROUFE, L.C.M. Corredores ecológicos como ferramenta para a desfragmentação de florestas tropicais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.30, n.63, p.207-216, 2010.

TABARELLI, M.; GASCON, C. Lições da pesquisa sobre fragmentação: aperfeiçoando políticas e diretrizes de manejo para a conservação da biodiversidade. **Megadiversidade**, v.1, n.1, p.181-188, 2005.

TABARELLI, M.; PINTO, L.P.; SILVA, J.M.C.; HIROTA, M.; BEDÊ, L. Challenges and Opportunities for Biodiversity Conservation in the Brazilian Atlantic Forest. **Conservation Biology**, v.19, n.3, p.695-700, 2005.

VAN DER GRIFT, E.A.; VAN DER REE, R.; FAHRIG, L.; FINDLAY, S.; HOULAHAN, J.; JAEGER, J.A.G.; KLAR, N.; MADRIANAN, L.F.; OLSON, L. Evaluating the effectiveness of road mitigation measures. **Biodiversity and Conservation**, v.22, p. 425-448, 2013.

VITOUSEK, P.M.; MOONEY, H.A.; LUBCHENCO, J.; MELILLO, J.M. Human Domination of Earth's Ecosystems. **Science**, v.277, n.5325, p494-499, 1997.

VYNNE, C.; KEIM, J.L.; MACHADO, R.B.; MARINHO-FILHO, J.; SILVEIRA, L.; GROOM, M.J.; WASSER, S.K. Resource selection and its implications for wide-ranging mammals of the brazilian Cerrado. **PLosOne**, v.6, n.12, p.1-12, 2011.

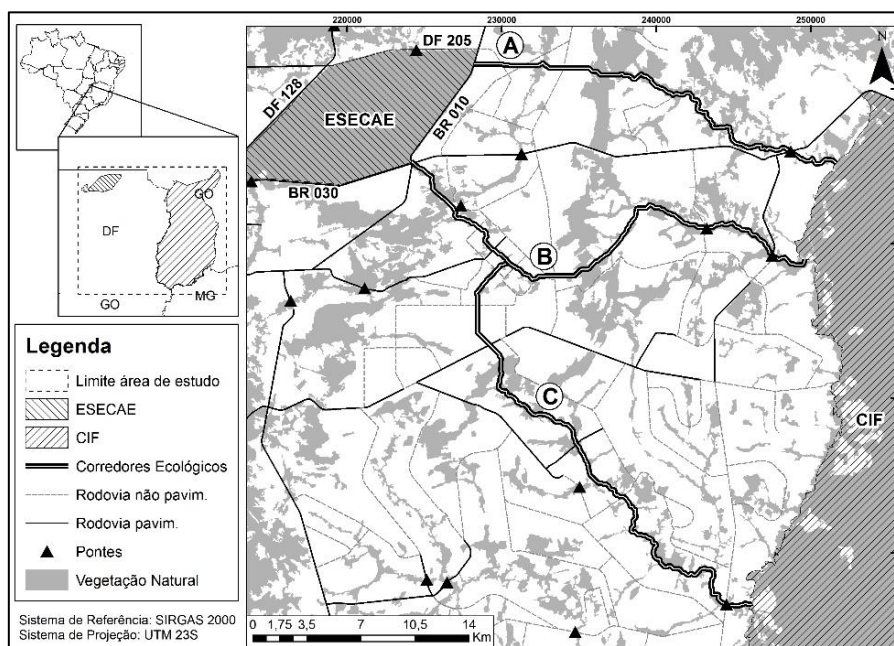
1) Tabela 1. Pesos finais de cada classe (escala de 1 a 9) e peso de cada camada (%) na geração da imagem de custo total e valores dos Índice de Consistência (IC) e Razão de Consistência (RC). * Considerando a retirada dos segmentos correspondentes a pontes, as respectivas células receberam o menor valor de custo por representarem pontos de menor custo para travessia da fauna.** O valor da classe não observado equivale a média das classes identificadas na validação (Solo exposto e Vegetação Natural).

*Table 1. Weights for each class (1-9 scale) and for each layer (%) used for the total cost raster and values for Consistency Index (IC) and Consistency Ratio (RC). * Considering line segments corresponding to bridges were depleted, associated cells received the least cost value considering they represent least cost crossing locations ** Weight for “Não observado” refers to the mean of weights of those classes identified in validation process (Solo exposto and Vegetação natural).*

Camada	Peso camada	Classe	Peso classe	Justificativa	IC ; RC
Declividade	5%	>45°	1	Áreas menos declivosas favorecem a agricultura mecanizada, implicam em maior custo de implementação do CE.	0,01 ; 0,01
		20°-45°	3		
		<20°	9		
Área de Preservação Permanente (APP)	15%	Não	9	APP são áreas mais apropriadas para Corredores. Fora de APP aumentam os custos para implementação.	-0,5 ; nulo
		Sim	1		
Rodovias	25%	Ausente	1*	Pavimentação implica em maior fluxo de veículos e maiores impactos (perturbação, barreira, atropelamento)	0,03 ; 0,04
		Não pavimentada	3		
		Pavimentada	9		
Uso e cobertura do solo	55%	Vegetação Natural	1	Áreas urbanas constituem barreiras para a maioria das espécies.	0,13 ; 0,09
		Silvicultura	2		
		Pastagem	3		
		Agricultura perene	3	A fauna se deslocará preferencialmente por ambientes naturais e eventualmente por ambientes menos alterados ou com cobertura vegetal, como reflorestamentos e agricultura.	
		Não observado	3**		
		Agricultura anual	4		
		Solo exposto	5		
		Corpo d´água	6		
Área urbana/Mosaico de ocupações	9				

Fonte: O Autor (2017)

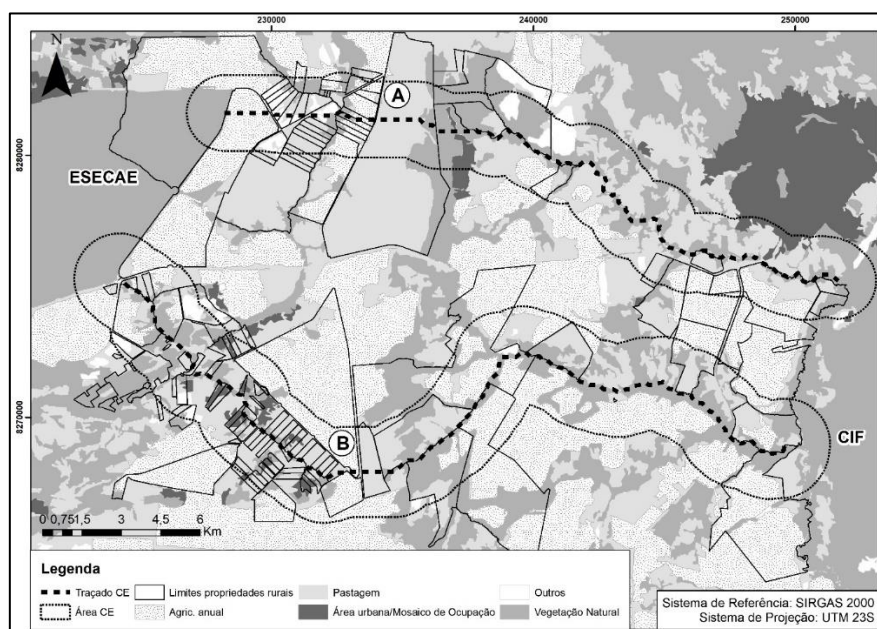
455 (Fonte: O Autor, 2017)



456
 457 2) Figura 1. Localização da área de estudo e corredores A, B (best single path) e C gerados
 458 por meio de análise de custo.

459 *Figure 1. Study area location and corridors A, B (best single path) and C generated by cost*
 460 *path analysis.*

461 (Fonte: O Autor, 2017)



462
 463 3) Figura 3. Corredores Ecológicos (CE) A e B (best single path) sobrepostos a mapa de uso
 464 e cobertura do solo e limites de propriedades rurais.

465 *Figure 3. Ecological Corridors (CE) A and B (best single path) over land cover classes and*
 466 *private properties map.*

4) Tabela 2. Dados gerais dos corredores gerados. * A porcentagem refere-se à extensão total do traçado. Quando considerada apenas a extensão do trecho em APP, os valores são: 94,38% (A), 95,85% (B), 97,23% (C). ** Agricultura perene, Área urbana/Mosaico de ocupação, Corpo d'água, Silvicultura, Solo Exposto e Não observado.

*Table 2. General information about the corridors generated. * Percentage refers to paths full extension. When considered only the extension inside APP, values change to: 94,38% (A), 95,85% (B), 97,23% (C). ** Perennial crop, Urban/Mosaic, Water, Forestry, Soil, Not observed.*

	Corredor A		Corredor B (Best Single)		Corredor C	
Extensão	28,88 km		34,51 km		47,34 km	
Área	8.368,46 ha		12.294 ha		22.140,27 há	
Intersecção do traçado	Km	%	Km	%	Km	%
Veg. Natural	21,50	74,43	31,18	90,35	41,41	87,47
APP potencial	19,16	66,23	29,03	84,13	40,84	86,26
APP preservada*	18,04	62,59	27,83	80,64	39,71	83,88
Estr. pavimentada	1 un.		3 un.		5 un.	
Est. não pavimentada	4 un.		4 un.		4 un.	
Pontes	1 un.		2 un.		1 un.	
Propriedades rurais	16 un.		38 un.		Não avaliado	
Sobreposição de área	ha	%	ha	%	ha	%
Vegetação Natural	2.982,80	35,64	4.057,28	33,00	5.390,26	24,36
Agricultura Anual	1.638,61	19,58	4.136,26	33,64	10.812,79	48,84
Pastagem	3.048,40	36,43	3.644,01	29,64	5.290,92	23,90
Demais classes**	698,64	8,35	456,69	3,71	649,3	2,92
Propriedades rurais	4.318,25	51,60	6.228,95	50,97	Não avaliado	

(Fonte: O Autor, 2017)